



RÉSUMÉ

Les pertes de récolte occasionnées par les chutes de bourgeons des hivers 1995/1996 et 2000/2001 aurait pu être en partie limitées si elles avaient été décelées suffisamment tôt. Cet article fait le point des différentes méthodes de quantification de températures pour vérifier leur intérêt en terme de prévision de chute de bourgeons floraux. Parmi toutes les méthodes testées seul un dérivé de la méthode Weinberger permet de discriminer les années entre elles : plus le cumul des heures inférieures à 5 °C est faible plus le risque de chutes de bourgeons est important.

FLOWER BUD DROP ON PEACH TREE: CAN THE PHENOMENON BE PREVENTED? (PART II)

Crop losses resulting from bud drop that occurred during the winters of 1995/96 and 2000/01 might have been limited if the bud drop had been detected at a sufficiently early stage. This article reviews the various methods available for temperature quantification, to weigh their merits in terms of preventing bud drop.

Of all the methods tested, only one - derived from the Weinberger method - allows discrimination among the different years. The lower the cumulative number of hours at temperatures below 5°C, the greater the risk of floral bud drop.



Floraison d'un rameau de pêcher

Chute des bourgeons floraux sur pêcher

Peut-on prévenir son apparition ?

2^e partie

Un premier point réalisé dans Infos-Ctifl n° 178 a permis de lever le voile sur le processus physiologique de chute des bourgeons floraux du pêcher et sur les facteurs proposés par les scientifiques pour l'expliquer. Compte tenu de ces éléments, cet article résume un travail réalisé sur le centre Ctifl de

Balandran pour vérifier l'intérêt des différentes méthodes de quantification des températures sur la prédiction de chute de bourgeons floraux. Cette prévision doit être simple, facilement applicable, réalisable le plus précocement possible pour permettre un ajustement de l'itinéraire technique au verger.

La démarche méthodologique

Les importantes chutes de bourgeons floraux du pêcher enregistrées lors des hivers 1995/1996 et 2000/2001 n'ont pas été sans conséquence sur le résultat économique des exploitations fruitières où cette espèce est présente. Une prise en compte précoce de ce phénomène aurait pu soit en retardant la taille soit en l'adaptant limiter les pertes de récolte.

Le phénomène de chute des bourgeons floraux est un processus distinct de celui de la levée de dormance. Mais, il n'existe pas dans la bibliographie de modèle spécialement conçu pour la prévision de chutes des bourgeons floraux.

L'enjeu du travail réalisé est de prévoir l'intensité de la chute des bourgeons à partir de méthodes de calculs simples. Il s'agit de « quantifier le froid et le chaud » à partir de données météorologiques selon diverses méthodes et de confronter les résultats obtenus avec l'intensité de chute des bourgeons floraux de manière à déterminer la méthode la plus pertinente et qui permette également la prévision la plus précoce.

Pour conduire cette étude, nous disposons des données météorologiques du centre Ctifl de Balandran (Costière de Nîmes, 30). Ces données, principalement les températures (horaires, minima et maxima) sont confrontées aux différents modèles. Pour chaque méthode, les calculs sont effectués mois par mois puis les données sont cumulées pour un traitement plus global.

Malheureusement, il n'y a pas de dispositif de quantification précise de l'intensité de la chute des bourgeons floraux. Conséquence, seule l'étude qualitative permet de faire émerger des données chiffrées. Des chutes de bourgeons ont eu lieu l'hiver 1995/96 et plus sévèrement encore en 2000/01. L'époque de chute est également différente : début janvier pour 1995/96 et fin décembre pour l'hiver 2000/01. Les autres années sont qualifiées de « normales » avec une floribondité jugée « optimale » en particulier pour l'année 1999/2000.

Quantifier du froid ?

Il existe plusieurs méthodes pour comptabiliser l'action du froid. Elles sont utilisées par les techniciens pour prédire la satisfaction des besoins en froid et prévoir la levée de dormance, d'où l'idée de les utiliser également pour prédire la chute des bourgeons floraux.

Deux grandes voies se dégagent : on peut traiter les températures par des calculs linéaires ou par l'intermédiaire d'un calcul exponentiel.

Méthodes linéaires

■ Méthode Weinberger

Le premier modèle proposé, l'a été par Weinberger (1950), précisément appliqué au pêcher. Il repose sur le choix d'un seuil fixé à 7,2 °C (45 °F), au-dessus duquel l'action de la température est considérée comme nulle en terme de satisfaction des besoins en froid. Ce modèle a eu un « gros succès » en particulier pour le pêcher, et est encore utilisé aujourd'hui.

■ Méthode Crossa-Reynaud

Crossa Reynaud a proposé lui aussi une méthode de quantification basée à la fois sur le seuil de 7,2 °C et sur l'écart maximum-minimum dispensant de l'acquisition des températures horaires.

La formule d'estimation du nombre journalier d'heures de froid (n) est la suivante :

$$n = \frac{7 - m}{M - m} * 24$$

avec M : température maximale journalière et m : température minimale journalière.

■ Modèle Utah

Proposé par Richardson et al. (1974), ce modèle repose sur une loi qui intègre les effets négatifs des températures moyennes et élevées et se traduit annuellement par une somme d'unités de froid. Cette unité de froid correspond, pour Richardson, à une heure où la température est inférieure à 6 °C (FIGURE 1).

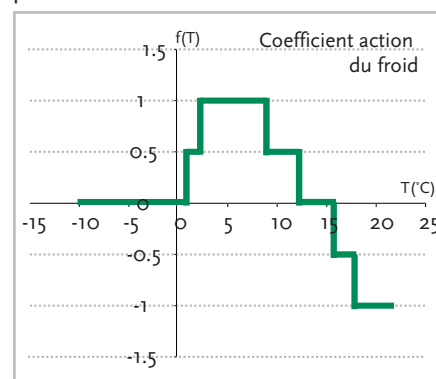
■ Enfin très simplement, on peut comptabiliser le nombre d'heures où la température est inférieure ou supérieure à une valeur choisie arbitrairement. On peut également réaliser une sommation des amplitudes thermiques journalières pour vérifier un éventuel effet de cette grandeur. Une représentation de la température moyenne journalière au cours du temps a également été faite de façon à avoir une idée du profil thermique des années considérées.

Méthodes non linéaires

■ Méthode du Q₁₀ de Bidabé

L'hypothèse est celle d'une loi d'action exponentielle négative de la température. L'action journalière est représentée par la quantité : $Q_{10}^{-M/10} + Q_{10}^{-m/10}$

FIGURE 1-Richardson : loi d'action de la température



avec M : température maximale journalière
m : température minimale journalière
et $Q_{10} = 2,5$ ou 3

La méthode du Q_{10} permet de quantifier les températures chaudes par la formule : $Q_{10}^{M/10} + Q_{10}^{m/10}$ avec M et m respectivement température maximale et minimale journalière et $Q_{10} = 2,5$ ou 3.

Des résultats pléthoriques

Les résultats chiffrés obtenus par les différentes méthodes de calculs sont trop nombreux pour être présentés dans cet article. Les méthodes sont classées pour déterminer la plus fiable et la plus pratique c'est-à-dire celle qui fait apparaître la plus grande différence entre les années dites « normales » et les années 1995/96 et 2000/01. Pour les discriminer, on calcule des écarts absolus de la manière suivante :

Écarts absolus = (moyenne années normales - valeur 95-96 ou 00-01) / moyenne années normales.

On obtient alors un quotient sans dimension qui permet la comparaison entre les méthodes. Plus il est grand en valeur absolue plus la différence entre les années, mise en évidence par la méthode de calcul, est importante. On calcule également l'écart type des valeurs obtenues par les méthodes sur les années dites « normales » pour avoir une représentation de la variabilité « produite par les calculs ». On peut alors comparer l'écart type à l'écart relatif obtenu (on multiplie l'écart absolu par la valeur moyenne) (TABLEAU 1).

Le bilan des méthodes de calculs

La méthode Weinberger ou ses méthodes dérivées sont celles qui semblent le mieux cor-

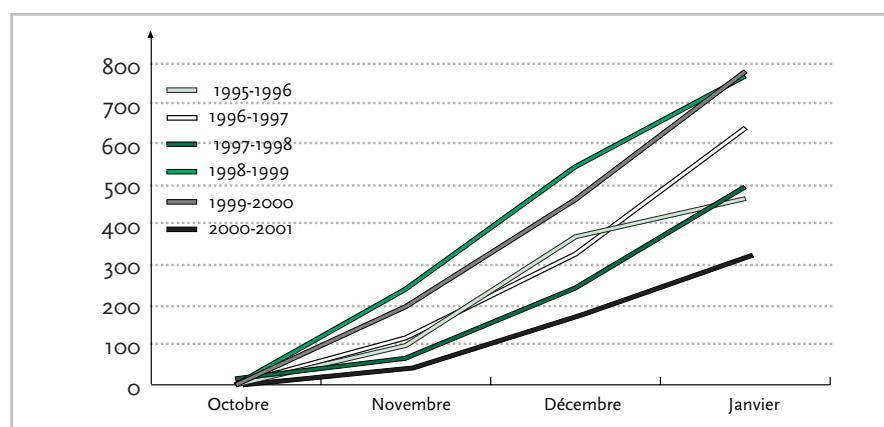


respondre à nos attentes. Une comptabilisation dès novembre mais surtout en décembre permet, lorsque le cumul est inférieur pour une date donnée à celui des années « normales » de craindre un risque de chute. Les autres méthodes s'avèrent peu, voire pas du tout utilisables. Ces modèles de calculs ont cependant des limites facilement compréhensibles d'un point de vue théorique ; les modèles sont détournés de leur usage initial et la loi d'action qui sous-tend un modèle n'est qu'une image de la loi réelle définie dans un cadre précis. De plus la validité du modèle qui n'a de sens que statistique, dépend fortement de la répartition des températures et donc de la zone considérée. Ces méthodes mathématiques ne se veulent absolument pas des explications physiologiques au phénomène de chute, en particulier en ce qui concerne les facteurs à l'origine de la chute : sensibilité au chaud ou au froid ?

Cinq pistes à explorer

Pour envisager à terme une avancée dans ce domaine un certain nombre de point mériterait amélioration :

FIGURE 2-Nombre d'heures de froid- $T^{\circ} < 5^{\circ}C$



- utilisation de données quantitatives pour décrire la chute des bourgeons floraux du pêcher,
- une meilleure connaissance de l'état végétatif du bourgeon au cours de l'automne et de l'hiver de façon à mieux pouvoir situer l'action des températures hivernales.
- un élargissement de ce travail à d'autres années et plusieurs sites géographiques de façon à obtenir des résultats statistiquement

plus fiables. Ce point sera cependant difficile car les enregistrements horaires sont récents et liés au progrès de l'électronique.

- une simulation de divers types d'hiver dans des cellules climatisées et une étude sur des arbres entiers.
- des connaissances approfondies en matière de physiologie pour mieux cerner les périodes où les actions du froid et du chaud sont négatives ou positives et ainsi bâtir un modèle fiable. ■

TABLEAU 1-Récapitulation des conclusions

Méthode de calculs	Résultats	Conclusion
Évolution de la température moyenne journalière	Les hivers 95-96 et 00-01 ont été plus doux que ceux des années 96-97, 98-99 et 99-00. L'hiver 97-98 apparaît plus semblable aux hivers dits « doux » bien qu'il n'ait pas induit une chute de bourgeons	L'idée communément admise selon laquelle un hiver doux est synonyme de chute de bourgeons s'avère trop simpliste : le phénomène est plus complexe.
Somme des températures horaires par mois et ses cumuls	La somme des moyennes horaires par mois donne en fait la même information que la somme des moyennes journalières et amènent aux mêmes conclusions	Cette méthode de calculs fait apparaître des différences de l'ordre de 30 % entre les valeurs obtenues en janvier (pour 1995-1996) et en décembre (pour 2000-2001) par rapport à la moyenne des années « normales ».
Weinberger et dérivés	Les cumuls d'octobre à janvier font apparaître une nette différence entre les années « normales » et 95-96 et 00-01. La valeur obtenue pour l'hiver 97-98 est certes proche de celle de 95-96 mais se caractérise par un « froid » régulier alors que 1995-1996 alterne périodes froides et plus chaudes.	Cette méthode de calcul fait apparaître des différences de l'ordre de 40 à 60 % entre les années « normales » et 1995-1996 et 2000-2001. La comptabilisation des heures où la température est inférieure à $5^{\circ}C$ fait apparaître les plus grandes différences (FIGURE 2).
Crossa Raynaud	Les cumuls obtenus fin janvier sont « hiérarchisés » dans un ordre conforme à celui que l'on recherche.	La variabilité des résultats et les valeurs négatives obtenues compliquent l'usage de cette méthode.
Richardson - Utah	La « hiérarchisation » des cumuls fin janvier est conforme à celle que l'on recherche.	Cette méthode fait apparaître des écarts trop faibles entre les années « normales » et 1995-1996 et 2000-2001.
Q ₁₀ pour le froid	La « hiérarchisation » des cumuls fin janvier est conforme à celle que l'on recherche.	Les écarts créés par cette méthode sont cependant trop peu importants.
Nombre d'heures où la température est inférieure à $0^{\circ}C$	Les années propices aux chutes de bourgeons connaissent très peu d'heures de gel. Il y en a eu en particulier durant l'hiver 1997-1998.	Est-ce là une piste pour trouver les facteurs à l'origine de la chute ? L'intensité du froid n'est prise en compte, que partiellement et négativement, par Richardson et pas par les autres modèles.
Nombre d'heures où la température est supérieure à un certain seuil.	La représentation du cumul des heures où la température est supérieure à $10^{\circ}C$ ne fait pas apparaître de hiérarchisation nette entre les années seul l'hiver 2000-01 se distingue nettement.	Cette méthode de calculs ne fait pas apparaître de différences suffisantes entre les valeurs des années à chute et celles des années « normales ».
Q ₁₀ pour la chaleur	La méthode de calcul de la chaleur du Q ₁₀ ne fait pas apparaître la hiérarchie que l'on recherche.	Méthode inappropriée
Somme des amplitudes thermiques journalière	Ne fait pas apparaître de différences entre 1995-1996, 2000-2001 et les autres années.	Méthode inappropriée